

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

TRẦN QUẾ SƠN

**NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ THAY THẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN
MÔ HÌNH CÁNH TAY ROBOT TẠI PHÒNG THÍ NGHIỆM CỦA
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP THÁI
NGUYÊN**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT
CHUYÊN NGÀNH KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ

Thái Nguyên - 2015

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: **Trần Quế Sơn**

Sinh ngày 07 tháng 05 năm 1986

Học viên lớp cao học khoá 14–Kỹ thuật điện tử - Trường đại học kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.

Hiện đang công tác tại Trường đại học kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.

Xin cam đoan luận văn “*Nghiên cứu, thiết kế thay thế bộ điều khiển mô hình cánh tay robot tại phòng thí nghiệm của trường ĐH KTCN*” do thầy giáo PGS.TS. Nguyễn Thanh Hà hướng dẫn là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Tất cả các tài liệu tham khảo đều có nguồn gốc, xuất xứ rõ ràng.

Tác giả xin cam đoan tất cả những nội dung trong luận văn đúng như nội dung trong đề cương và yêu cầu của thầy giáo hướng dẫn. Nếu có vấn đề gì trong nội dung của luận văn tác giả xin hoàn toàn chịu trách nhiệm với lời cam đoan của mình.

Thái Nguyên, ngày tháng năm 2015

Học viên

Trần Quế Sơn

LỜI CẢM ƠN

Sau thời gian nghiên cứu, làm việc khẩn trương và được sự hướng dẫn tận tình giúp đỡ của thầy giáo **PGS.TS Nguyễn Thanh Hà**, luận văn với đề tài “*Nghiên cứu, thiết kế thay thế bộ điều khiển mô hình cánh tay robot tại phòng thí nghiệm của trường ĐH KTCN*” đã được hoàn thành.

Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới:

Thầy giáo hướng dẫn **PGS.TS Nguyễn Thanh Hà** đã tận tình chỉ dẫn, giúp đỡ tác giả hoàn thành luận văn.

Thầy giáo **PGS.TS. Nguyễn Duy Cường** – Bộ môn Kỹ thuật điện tử - Khoa Điện tử, cùng các giáo viên Trường Đại học kỹ thuật công nghiệp Thái Nguyên và một số đồng nghiệp, đã quan tâm động viên, giúp đỡ tác giả trong suốt quá trình học tập để hoàn thành luận văn này.

Mặc dù đã cố gắng hết sức, song do hạn chế về điều kiện thời gian và kinh nghiệm thực tế của bản thân còn ít nên đề tài không thể tránh khỏi thiếu sót. Vì vậy, tác giả mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy giáo, cô giáo và các bạn bè đồng nghiệp.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VIẾT TẮT	vi
DANH MỤC HÌNH VẼ	vii
LỜI NÓI ĐẦU	ix
CHƯƠNG 1	10
TỔNG QUAN VỀ PID, LEARNING FEED FORWARD CONTROL (LFFC) VÀ MODEL REFERENCE ADAPTIVE SYSTEMS (MRAS), BỘ ĐIỀU KHIỂN PID CHO MÔ HÌNH CÁN TAY ROBOT RD5NT	10
1.1. Tổng quan về PID.....	10
1.2. Tổng quan về Learning Feed-forward Control (LFFC)	12
1.2.1. Điều khiển học (Learning Control - LC).....	12
1.2.2. Bộ điều khiển học sử dụng sai lệch phản hồi (Feedback Error Learning - FEL).....	16
1.2.3. Learning Feed forward Control (LFFC).....	21
1.3. Lý thuyết điều khiển thích nghi theo mô hình mẫu (MRAS).....	21
1.3.1 Lịch sử phát triển của hệ điều khiển thích nghi	21
1.3.2. Khái quát về hệ điều khiển thích nghi	23
1.3.3 Cơ chế thích nghi – thiết kế bộ điều khiển thích nghi dựa vào luật MIT	28
1.3.4. Phương pháp độ nhảy	30
1.3.5. Phương pháp ổn định của Liapunov	32
1.4. Bộ điều khiển LFFC trên cơ sở MRAS	35
1.4.1. Khái niệm chung	36
1.4.2. MRAS dựa trên điều khiển feed - forward	37
1.4.3. Luật điều khiển thích nghi	39
CHƯƠNG 2	46
CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN, CƠ SỞ MÔ HÌNH TOÁN, PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG LỰC HỌC CỦA CÁN TAY ROBOT HAI BẬC TỰ DO, THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG HỆ THỐNG	46
2.1. Cấu tạo của Robot công nghiệp	46
2.2. Tay máy	47
2.3. Bậc tự do của tay máy.....	48
2.4. Phương trình động học của robot hai bậc tự do	50
2.5. Thiết kế hệ thống điều khiển	53
2.5.1. Chọn mô hình mẫu.....	53
2.5.2. Xác định đầu vào của phần feed – forward	54
2.5.3 Xác định cấu trúc của phần feed – forward	55
2.5.4 Giải phương trình Lyapunov	56
2.5.5. Chọn hệ số thích nghi	57
2.5.6. Huấn luyện LFFC	57
2.6. Mô phỏng hệ thống.....	58
CHƯƠNG 3	60

KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ KẾT LUẬN	60
3.1. Sơ đồ khối hệ thống:.....	60
3.2. Sơ đồ kết nối phần cứng.....	61
3.2.1. Giới thiệu tổng quan các khối trong hệ thống thực nghiệm.....	62
3.3. Kết quả thực nghiệm	67
Kết quả thực nghiệm được tiến hành trên robot RD5NT tại Phòng thí nghiệm Điện – Điện tử của Khoa điện tử - Trường ĐH Kỹ thuật công nghiệp Thái Nguyên.	67
3.4. Kết luận và hướng phát triển của đề tài.....	70
TÀI LIỆU THAM KHẢO	71

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VIẾT TẮT

LFFC: Learning FeedForward Control

MRAS: Model Reference Adaptive System

a_m : Tham số của bộ điều khiển thích nghi

b_m : Tham số của bộ điều khiển thích nghi

c_m : Tham số của bộ điều khiển thích nghi

d_m : Tham số của bộ điều khiển thích nghi

θ : Vectơ góc của khớp nối

$M(\theta)$: ma trận mô men quán tính

$C(\theta)$: mô hình lực coriolis và quán tính ly tâm

D : hệ số ma trận đường chéo ma sát nhớt

S : hệ số ma trận đường chéo ma sát Coulomb

$G(\theta)$: Trọng lực

u : mô men xoắn của khớp

$i_{1,2}$: Độ dài cánh tay 1,2

$r_{1,2}$: Tỷ số truyền của động cơ 1,2

$d_{1,2}$: Ma sát nhớt của 2 khớp 1, 2

$s_{1,2}$: Là ma sát coulomb của khớp 1,2

p_{21} : Thành phần của ma trận P

p_{22} : Thành phần của ma trận P

A_{p1} : Mô hình phụ thuộc vào mô hình của khớp 1

A_{p2} : Mô hình phụ thuộc vào mô hình của khớp 2

α_a : Tham số của bộ điều khiển thích nghi

α_b : Tham số của bộ điều khiển thích nghi

α_c : Tham số của bộ điều khiển thích nghi

α_d : Tham số của bộ điều khiển thích nghi

$J_{1,2}$: Mô men quán tính của 2 khớp 1, 2

DANH MỤC HÌNH VẼ

- Hình 1.1: Sơ đồ khối của bộ điều khiển PID với bộ lọc bậc nhất
- Hình 1.2: Cực tiểu cục bộ trong kỹ thuật học
- Hình 1.3: Cấu trúc bộ điều khiển phản hồi sai lệch
- Hình 1.4: Học theo sai số phản hồi
- Hình 1.5a: Hệ thích nghi tham số
- Hình 1.5b: Hệ thích nghi tín hiệu
- Hình 1.6. Điều khiển ở cấp 1 và cấp 2
- Hình 1.7: Mô hình đối tượng và mô hình mẫu
- Hình 1.8: Hệ thống điều khiển thích nghi dựa trên mô hình độ nhạy.
- Hình 1.9a: MRAS cho sự thích nghi của các tham số bộ điều khiển
- Hình 1.9b: MRAS với mô hình có thể hiệu chỉnh cho nhận dạng tham số
- Hình 1.9c: Cấu trúc MRAS với khâu khởi tạo tín hiệu đặt
- Hình 1.10: Nhận dạng mô hình ngược của đối tượng
- Hình 1.11: Bộ điều khiển LFFC
- Hình 2.1. Các thành phần chính của một robot công nghiệp
- Hình 2.2 : Mô hình robot 2 bậc tự do
- Hình 2.3: Cấu trúc bộ điều khiển phần feed forward
- Hình 2.4: Sơ đồ mô phỏng hệ thống điều khiển
- Hình 2.5a: Đáp ứng của khớp 1
- Hình 2.5b: Đáp ứng của khớp 2
- Hình 3.1: Sơ đồ khối hệ thống điều khiển 1 khớp của mô hình
- Hình 3.2: Sơ đồ kết nối tổng thể hệ thống thực nghiệm
- Hình 3.3: Mô hình robot RD5NT
- Hình 3.4: Bộ điều khiển Dspace 1103
- Hình 3.5: Giao diện của phần mềm giám sát điều khiển Control Desk
- Hình 3.6: Sơ đồ nguyên lý của mạch cầu H sử dụng IC L298
- Hình 3.7: Mạch in mạch cầu H điều khiển động cơ
- Hình 3.8: Bản vẽ nguyên lý mạch nguồn
- Hình 3.9: Sơ đồ mạch in mạch nguồn
- Hình 3.10: Hệ thống thực nghiệm được lắp đặt tại Phòng thí nghiệm Điện – Điện tử
- Hình 3.11a: Đáp ứng thực nghiệm của khớp 1

Hình 3.11b: Đáp ứng thực nghiệm của khớp 2

LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay, trong các dây chuyền sản xuất với mức độ tự động hóa cao, robot công nghiệp đóng vai trò quan trọng trong việc giảm cường độ lao động cho người lao động, tăng năng suất và độ chính xác gia công, giảm giá thành sản phẩm.

Mục tiêu ứng dụng của kỹ thuật Robot trong công nghiệp nhằm nâng cao năng suất các dây chuyền công nghệ, nâng cao chất lượng và khả năng cạnh tranh của sản phẩm, đồng thời cải thiện điều kiện lao động. Sự cạnh tranh hàng hóa đặt ra một vấn đề thời sự là làm sao để hệ thống tự động hóa sản xuất phải có tính linh hoạt nhằm đáp ứng với sự biến động thường xuyên của thị trường hàng hóa. Robot công nghiệp là bộ phận cấu thành không thể thiếu trong hệ thống sản xuất tự động linh hoạt đó.

Gần nửa thế kỷ có mặt trong sản xuất. Robot công nghiệp đã có một lịch sử phát triển hấp dẫn. Ngày nay, Robot công nghiệp được ứng dụng rộng rãi ở nhiều lĩnh vực sản xuất. Điều đó xuất phát từ những ưu điểm cơ bản của các loại Robot đã được lựa chọn và đúc kết qua bao nhiêu năm ứng dụng ở nhiều nước. Ở nước ta trước những năm 1990 hầu như chưa du nhập về kỹ thuật Robot. Từ năm 1990 nhiều cơ sở công nghiệp đã bắt đầu nhập ngoại nhiều loại Robot thực hiện các nhiệm vụ riêng như tháo lắp dụng cụ cho các trung tâm CNC, lắp ráp các linh kiện điện tử, hàn vỏ xe ô tô, xe máy và phun phủ bề mặt ... Có những nơi đã bắt đầu thiết kế, chế tạo và lắp ráp Robot. Có thể nói, Robot đang đóng một vai trò hết sức quan trọng trong công cuộc tự động hóa sản xuất.

Trong lĩnh vực Robot hiện nay, phần cơ khí (Robot Mechanics), hệ thống Điều khiển (Robot Control) và hệ thống lập trình (Programming system) được coi là các thành phần độc lập và được các nhà sản xuất chào bán độc lập.

Trên thế giới nói chung và ở nước ta nói riêng, trong những năm gần đây, các hoạt động nghiên cứu, phát triển về Robot vẫn không ngừng phát triển và có rất nhiều công trình nghiên cứu đưa các phương pháp để điều khiển cánh tay robot. Có thể kể đến ở đây như:

- Nguyễn Văn Minh Trí, Lê Văn Mạnh, “*Thiết kế bộ điều khiển PID bền vững cho hệ thống phi tuyến bậc hai nhiều đầu vào – Nhiều đầu ra và ứng dụng trong điều khiển tay máy công nghiệp*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng, số 4(39).2010.

- Nguyễn Mạnh Hùng, Ngô Thanh Quyên, “*Thiết kế bộ điều khiển mờ một đầu vào cho cánh tay robot*”, Tạp Chí Đại Học Công Nghiệp, số 9(06).2011.

- Nguyễn Mạnh Hùng, Ngô Thanh Quyên, “*Điều khiển bám đuổi mạng neural thích nghi cho cánh tay robot bao gồm động lực học cơ cấu truyền động*” Tạp Chí Đại Học Công Nghiệp, số 9(06).2011.

- Asgari, Pouya, Zarafshan, Payam ; Moosavian, S.Ali A. “*Dynamics modelling and stable motion control of a Ballbot equipped with a manipulator*”, IEEE Conference Publications - Publication Year: 2013 , Page(s): 259 – 264.

- YaoNan Wang, ThanhQuyên Ngo, ThangLong Mai, ChengZhong Wu “*Adaptive Recurrent Wavelet Fuzzy CMAC Tracking Control for De-icing Robot Manipulator*”, Proceedings of World Congress on Engineering and Computer Science 2012 Vol I WCECS 2012, October 24-26, 2012, San Francisco, USA.

Các phương pháp này ít nhiều cũng đã giải quyết được những khó khăn khi điều khiển robot như hệ có cấu trúc phi tuyến, tham số bất định, thay đổi, ảnh hưởng bởi nhiễu... Với luận văn này tác giả dự định sẽ áp dụng thuật toán LFFC (Leaning Feedforward Control) dựa trên MRAS (Model Reference Adaptive System) để điều khiển tay máy robot RD5NT với mong muốn bộ điều khiển LFFC có khả năng tự học sẽ giải quyết được sự ảnh hưởng của tham số bất định và nhiễu đến chất lượng bám quỹ đạo của tay máy robot, cho phép cải thiện hơn nữa chất lượng điều khiển bám quỹ đạo. Vì vậy học viên đã chọn đề tài “*Nghiên cứu, thiết kế thay thế bộ điều khiển mô hình cánh tay robot tại phòng thí nghiệm của trường ĐH KTCN*” là đề tài nghiên cứu cho luận văn thạc sỹ của mình, trước hết với mục đích thiết kế được bộ điều khiển cho 2 trong 5 bậc cánh tay Robot 5 bậc tự do RD5NT.

Mô hình thí nghiệm Cánh tay Robot 5 bậc tự do, nhãn hiệu RD5NT nói riêng là một mô hình thí nghiệm trường học, mô hình hóa một cánh tay Robot 5 bậc tự do khá phổ biến trong các dây chuyền sản xuất hiện nay. Mô hình Cánh tay Robot 5 bậc tự do RD5NT có 5 khớp, mỗi khớp được hoạt động bởi một động cơ điện một chiều. Sự thành công của phương pháp điều khiển thích nghi bám quỹ đạo cho robot RD5NT sử dụng thuật toán LFFC dựa trên MRAS kỳ vọng mang lại khả năng chống nhiễu tốt, chất lượng bám quỹ đạo được nâng cao. Đối tượng của đề tài là robot RD5NT tại phòng thí nghiệm của trường ĐH KTCN với mục tiêu thiết kế bộ điều khiển cho 2 trong 5 bậc của mô hình cánh tay robot từ đó thay thế cho bộ điều khiển cũ, phục vụ cho công tác thí nghiệm của nhà trường.